

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 130 976**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **21 13673**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 N 21/75 (2022.01), G 01 N 21/84, 21/77**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 **Date de dépôt** : 16.12.21.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 23.06.23 Bulletin 23/25.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

Demande(s) d'extension :

⑦1 **Demandeur(s)** : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public — FR.

⑦2 **Inventeur(s)** : PENLOU Sébastien, BABLET Jacqueline, CARELLA Alexandre et SIMONATO Jean-Pierre.

⑦3 **Titulaire(s)** : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

⑦4 **Mandataire(s)** : BREVALEX.

⑤4 **Système de détection utilisable pour la détection de composés chimiques comprenant une bandelette de détection.**

⑤7 L'invention a trait à un système de détection utilisable pour la détection d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant :

-un premier support imprégné par des indicateurs de détection distincts aptes à détecter la présence dudit composé chimique ou desdits composés chimiques, caractérisé en ce que chacun desdits indicateurs de détection est réparti sur le support sous forme d'une ou plusieurs zones distinctes, la ou lesdites zones distinctes de chacun desdits indicateurs de détection étant disposée(s) sur le support sans recouvrement avec la ou les zones distinctes du ou des autres indicateurs de détection ; et

-un deuxième support destiné au dépôt du milieu, dont on veut déterminer la présence ou l'absence dudit et desdits composés chimiques, ce deuxième support étant en contact avec l'une des faces du premier support.

FR 3 130 976 - A1



Description

Titre de l'invention : Système de détection utilisable pour la détection de composés chimiques comprenant une bandelette de détection

Domaine technique

- [0001] La présente invention a trait à un nouveau système de détection, par exemple, colorimétrique, utilisable pour la détection de composés chimiques distincts et à un procédé de détection d'un ou plusieurs composés chimiques mettant en œuvre ce système de détection.
- [0002] En particulier, la présente invention peut trouver application pour la détection de composés chimiques toxiques, tels que les composés toxiques de guerre et, en particulier, les composés organophosphorés ; les composés toxiques industriels chimiques (connus sous la dénomination TIC) ; les vésicants ; les pesticides et les composés arséniés.
- [0003] De manière générale, les composés organophosphorés se présentent sous la forme de composés organiques présentant une toxicité avérée pour l'organisme humain. En effet, ces composés peuvent être impliqués dans le mécanisme d'inhibition des sérine-protéases et, en particulier, de l'acétylcholinestérase, qui intervient dans les jonctions synaptiques et dont le dérèglement de l'activité peut empêcher le relâchement musculaire et ainsi provoquer la mort par asphyxie.
- [0004] Ces composés peuvent être compris dans la formulation d'insecticides, de pesticides ou encore d'agents chimiques de combat (tels que les composés organosphosphorés de la série G, comme le sarin ou les composés organophosphorés de la série V, comme le VX) et du fait de la létalité élevée de ces composés, de leur prolifération, il s'avère important de pouvoir disposer de systèmes de détection et d'identification préliminaire.
- [0005] Certains systèmes de détection utilisés à ce jour sont basés sur des technologies impliquant des moyens de mesure physique, telles que la spectroscopie à mobilité ionique, la photométrie de flamme, les spectroscopies IR et Raman avec, pour difficultés, que ces systèmes nécessitent un appareillage complexe onéreux et pas forcément adaptés à tous les milieux d'intervention en termes de masse et d'encombrement, auxquelles s'ajoute l'expertise de l'opérateur à considérer.
- [0006] Au vu de ce qui existe, les auteurs de la présente invention se sont orientés vers la conception d'un système de détection utilisable pour la détection d'un ou plusieurs composés chimiques distincts, lequel système devant permettre la détection du ou desdits composés chimiques et, lorsqu'il y en a plusieurs, de préférence, la discrimination desdits composés et répondant à des critères de sensibilité, rapidité, por-

tabilité, fiabilité et qui puissent permettre une détection et, le cas échéant, une discrimination simple, telle qu'une discrimination visuelle à l'œil nu, notamment lorsque la détection est de nature colorimétrique.

Exposé de l'invention

- [0007] Ainsi, l'invention a trait à un système de détection utilisable pour la détection d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant :
- [0008] -un premier support imprégné par des indicateurs de détection distincts aptes à détecter la présence dudit composé chimique ou desdits composés chimiques, caractérisé en ce que chacun desdits indicateurs de détection est réparti sur le support sous forme d'une ou plusieurs zones distinctes, la ou lesdites zones distinctes de chacun desdits indicateurs de détection étant disposée(s) sur le support sans recoupement avec la ou les zones distinctes du ou des autres indicateurs de détection ; et
- [0009] -un deuxième support destiné au dépôt du milieu, dont on veut déterminer la présence ou l'absence dudit et desdits composés chimiques, ce deuxième support étant en contact avec l'une des faces du premier support.
- [0010] Grâce à la présence d'indicateurs de détection distincts sans qu'il n'y ait de recoupement de surface entre chacun d'entre eux, cela peut permettre, par un choix approprié d'indicateurs de détection, une détection d'un ou plusieurs composés et, idéalement, lorsqu'il y a plusieurs composés chimiques, éventuellement, une discrimination de composés chimiques distincts, sans que les propriétés de détection (par exemple, les propriétés de virage, lorsque les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés) de chacun des indicateurs ne soient altérées par un mélange des indicateurs, qui pourrait de ce fait interagir entre eux et biaiser la détection. Par ailleurs, les systèmes de détection conformes à l'invention sont particulièrement adaptés pour la détection de composés chimiques sous forme liquide, grâce au deuxième support. Enfin, les systèmes de détection de l'invention peuvent permettre, par le choix d'indicateurs colorés appropriés, la discrimination de composés chimiques distincts appartenant à la même famille, tels que, à titre d'exemple non limitatif, les composés organophosphorés (comme ceux de la série G, de la série V ou des agents neurotoxiques organophosphorés récemment ajoutés au Tableau 1 de l'annexe de la convention de l'OIAC pour l'interdiction des armes chimiques S/1821/2019/Rev.1/Add.1 (20 mai 2020)), les vésicants (tels que l'ypérite soufrée, l'ypérite azotée, la léwisite), les toxiques industriels chimiques (tels que l'ammoniac, la chloropicrine), les pesticides.
- [0011] Autrement dit, dans le cas où les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés, s'ils étaient mélangés, cela pourrait induire les inconvénients suivants :
- [0012] -le mélange de plusieurs indicateurs colorés pourrait aboutir à une couleur terne ;
- [0013] -les indicateurs colorés pourraient interagir entre eux, rendant la couleur résultante

pas forcément prévisible et une réactivité face aux composés chimiques à détecter non garantie ;

[0014] -l'identification des composés chimiques serait moins précise et moins aisée à l'œil nu.

[0015] Avant d'entrer plus en détail dans l'exposé de l'invention, nous précisons les éléments suivants.

[0016] Par indicateur de détection, il s'entend, classiquement, une substance chimique capable de se transformer au contact d'au moins un composé chimique que l'on souhaite détecter, cette transformation étant le signe de la présence dudit au moins un composé chimique, cette transformation se matérialisant par un changement de couleur, lorsque l'indicateur de détection est un indicateur coloré (dit également indicateur de détection colorimétrique). Il peut s'agir également d'un indicateur de fluorescence (ou fluorophore), selon sa nature. Plus spécifiquement, lorsque l'indicateur de détection est un indicateur coloré, celui-ci correspond, classiquement, à une substance chimique qui prend au moins une couleur caractéristique en présence d'un composé chimique soit, en d'autres termes, une substance chimique qui présente au moins deux états colorés, un état coloré existant lorsque la substance chimique n'est pas en présence du composé chimique à détecter et au moins un autre état coloré lorsque la substance chimique est en présence du ou des composés chimiques à détecter. L'indicateur de détection peut être constitué d'un ou plusieurs composés permettant la détection.

[0017] Par « sans recoupement », il s'entend, classiquement, que la ou les zones distinctes de chacun des indicateurs de détection ne se mélangent pas avec la ou les zones distinctes des autres indicateurs de détection, ce qui n'exclut pas que la ou les zones distinctes de chaque indicateur de détection puissent être, en tout ou partie, juxtaposés avec la ou les zones distinctes du ou des autres indicateurs de détection.

[0018] Comme défini ci-dessus, le système de détection utilisable pour la détection d'un ou plusieurs composés chimiques comprend un premier support imprégné par des indicateurs de détection distincts aptes à détecter la présence dudit composé chimique ou desdits composés chimiques, caractérisé en ce que chacun desdits indicateurs de détection est réparti sur le support sous forme d'une ou plusieurs zones distinctes, la ou lesdites zones distinctes de chacun desdits indicateurs de détection étant disposée(s) sur le support sans recoupement avec la ou les zones distinctes du ou des autres indicateurs de détection.

[0019] Plus spécifiquement, chacun desdits indicateurs de détection est réparti sur le support sous forme d'une ou plusieurs zones distinctes, la ou lesdites zones distinctes pouvant se présenter sous des formes sensiblement circulaires, rectangulaires ou carrées, étant entendu que d'autres formes peuvent être envisagées, dès lors que qu'il n'y a pas de re-

couplement entre les zones distinctes pour des indicateurs de détection distincts.

- [0020] Le premier support constitutif du système de détection peut être, en particulier, un support poreux et, plus spécifiquement, un support en papier, étant entendu que ce support doit être apte à être imprégné par les différents indicateurs de détection pour former les zones distinctes.
- [0021] Le premier support constitutif comporte classiquement deux faces, une face supérieure comprenant les zones distinctes comprenant les indicateurs de détection et une face inférieure opposée à la face supérieure, la face inférieure étant la face en contact avec le deuxième support.
- [0022] Avantagement, les zones distinctes peuvent être cloisonnées en obstruant la porosité du premier support sur les zones qui ne sont pas les zones distinctes, la porosité pouvant être obstruée, plus spécifiquement, par exemple, par de la cire, de la paraffine, un polydiméthylsiloxane ou tous autres moyens pour obstruer la porosité. La porosité ainsi obstruée permet de limiter l'accès à l'analyte (à savoir, le milieu, généralement liquide, dans lequel on veut connaître la présence ou l'absence de composés à analyser) aux zones ainsi obstruées et créer ainsi un circuit fluide permettant un accès privilégié de l'analyte aux zones distinctes comprenant les indicateurs de détection, lesquelles ne sont pas obstruées.
- [0023] Le premier support peut se présenter sous forme d'une bandelette, comme cela sera illustré dans des modes de réalisation particuliers illustrés sur des figures jointes.
- [0024] Le premier support peut comprendre à l'une de ses extrémités, une zone évidée, donnant ainsi accès directement au deuxième support, cette zone évidée permettant ainsi le dépôt direct de l'analyte sur le deuxième support sur la zone de celui-ci en regard de la zone évidée du premier support. Cette zone évidée peut constituer un « réservoir » pour l'analyte qui va, outre le fait d'être en contact avec le deuxième support, être ainsi retenue dans cette zone sans risque d'écoulement à l'extérieur.
- [0025] Plus spécifiquement, le système de détection peut comprendre, comme indicateurs de détection, des indicateurs colorés permettant une détection colorimétrique.
- [0026] Selon les composés chimiques à détecter et à éventuellement discriminer, il s'entend que l'homme du métier, pour concevoir le système de détection conforme à l'invention, choisira, lorsque les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés, de préférence, des indicateurs colorés appropriés en procédant à une sélection basée notamment sur le fait que les indicateurs colorés choisis doivent présenter, bien évidemment, au moins un virage colorimétrique en présence du composé chimique, que l'on souhaite détecter.
- [0027] Selon les composés chimiques que l'on souhaite détecter, les indicateurs colorés peuvent être choisis parmi les composés anthraquinoniques, les composés azoïques, les composés triarylméthanés, les composés xanthéniques, les composés indigoïques, les

complexes métalliques, les composés comprenant au moins un groupe stilbène, les composés coumariniques, les composés comprenant au moins un groupe cyanine, les composés comprenant au moins un groupe phtalocyanine, les composés comprenant au moins un groupe porphyrine, les composés comprenant au moins un groupe hydrazone.

- [0028] A titre d'exemples de composés anthraquinoniques, il peut être fait mention de la 1,4-dihydroxyanthraquinone, la 1-aminoanthraquinone, l'acide carminique, la 1,5-diaminoanthraquinone, la 1,2-diaminoanthraquinone, la 1,4-diamino-5-nitroanthraquinone, la 1,4,5,8-tétraaminoanthraquinone (Disperse Blue 1), la 1-méthylamino-4-(2-hydroxyéthyl)aminoanthraquinone (Disperse Blue 3), la 1-amino-2-méthylanthraquinone (Disperse Orange 11), le 1,4-*bis* - (p-tolylamino)anthraquinone (Solvent Green 3).
- [0029] A titre d'exemples de composés azoïques, il peut être fait mention du 10-(2',4'-dinitrophénylazo)-9-phénanthrol, le 6-hydroxy-5-[(2-méthoxy-5-méthyl-4-sulfophényl)azo]-2-naphtalènesulfonate de disodium (dit également rouge Allura AC), le 4-diméthylaminoazobenzène (dit également jaune de méthyle), le 4-(2-carboxyphénylazo)-N,N-dipropylaniline (dit également « Propyl red » selon la terminologie anglaise), le chlorure de 3-(diéthylamino)-7-{(E)-[4-(diméthylamino)phényl]diazényl}-5-phénylphénazin-5-ium (dit également « Vert Janus B »), le N,N-diméthyl-4,4'-azodianiline, le N-éthyl-1-((4-phényldiazényl)phényl)diazényl)naphtalèn-2-amine (dit également « Rouge Soudan 7B »), l'amarante, le dihydrochlorure de 4-[[3-[(2,4-diaminophényl)diazényl]phényl]diazényl]benzène-1,3-diamine (dit également « brun de Bismarck Y »), le 4-hydroxy-3-[(4-sulfo-1-naphtalényl)azo]-1-naphtalènesulfonate de disodium (dit également « Chromotrope FB »), l'acide benzidinediazo-bis-1-naphtylamine-4-sulfonique (dit également « Rouge Congo »), le 2,2'-[4-(4-Aminophénylazo)phénylimino]diéthanol (dit également « Disperse Black 9 » selon la terminologie anglaise), le 2,2'-[[4-[(4-nitrophényl)azo]phényl]imino]biséthanol (dit également « Disperse Red 19 » selon la terminologie anglaise), le (4Z)-4-[(1-hydroxynaphtalén-2-yl)hydrazinylidène]-7-nitro-3-oxo Y-naphtalène-1-sulfonate de sodium (dit également « noir ériochrome T »), le 4'-(4-(diéthylamino)phénylazo)acétophénone, le 4-[(E)-(4-nitrophényl)diazényl]-N-phénylaniline (dit également « Disperse Orange 1 »), l'hélianthine (dit également méthylorange), la 4-(4-nitrophénylazo)aniline (dit également « Disperse Orange 3 »), le 4-[4-(phénylazo)-1-naphtylazo]phénol (dit également « Disperse Orange 13 »), le 3-[N-éthyl-4-(4-nitrophénylazo)phénylamino]propionitrile (dit également « Disperse Orange 25 »), le

4-amino-5-hydroxy-3-(4-nitrophénylazo)-6-(phénylazo)naphthalène-2,7-disulfonate de sodium (dit également « Bleu noir naphthol »), le (2,2-diméthyl-1,3-dihydropérimidin-6-yl)-(4-phénylazo-1-naphthyl)diazène (dit également « Sudan Black B » selon la terminologie anglaise), le 6-hydroxy-5-[(4-sulfonatophényl)azo]naphthalène-2-sulfonate de disodium (dit également «jaune orangé S »), la tartrazine, le bleu Evans, le 4-[4-(phénylazo)phénylazo]-o-crésol (dit également «Disperse Yellow 7 » selon la terminologie anglaise), le 4'-nitro-4-diméthylaminoazobenzène.

- [0030] A titre d'exemples de composés triarylméthanes, il peut être fait mention du bleu d'aniline diammonium, du bleu de bromophénol, le violet de m-crésol, le rouge de crésol, le violet de gentiane (dit également « Crystal Violet » en terminologie anglaise), le rouge de chlorophénol, le sel de sodium de l'hydroxyde de (4-(α -(p-(diéthylamino)phényl)-2,4-disulfobenzylidène)-2,5-cyclohexadiène-1-ylidène)diéthylammonium (dit également « Patent blue V sodium salt »), le bleu de méthyle, l'acide rosolique, le violet de pyrocatechol, le vert brillant BS, la base pararosanine, la fuchsine, le bleu de thymol, le 4-(diméthylamino)- α -[4-(diméthylamino)phényl]- α -phényl-benzèneméthanol.
- [0031] A titre d'exemples de composés xanthéniques, il peut être fait mention du chlorure de [9-(2-carboxyphényl)-6-diéthylamino-3-xanthénylidène]-diéthylammonium (dit également « Rhodamine 610 »), la rhodamine 6G éventuellement sous forme de sel perchlorate, la rhodamine B, la sulforhodamine 101 hydratée, la fluorescéinamine (en particulier Isomère I), le chlorure de rhodamine 110.
- [0032] A titre d'exemples de composés indigoïques, il peut être fait mention de l'indigo.
- [0033] A titre d'exemples de complexes métalliques, il peut être fait mention du 5-nitroso-6-oxidonaphthalène-2-sulfonate trisodique complexé par du fer (III) (dit également « Naphtol Green B »).
- [0034] A titre d'exemples de composés comprenant au moins un groupe stilbène, il peut être fait mention du colorant connu sous la terminologie anglaise « Fluorescent Brightener 28 ».
- [0035] A titre d'exemples de composés coumariniques, il peut être fait mention de la 7-amino-4-(trifluorométhyl)coumarine, la 7-amino-4-méthylcoumarine, la 3-(2-N-Méthylbenzimidazolyl)-7-N,N-diéthylaminocoumarine (dit également « Coumarin 30 »), la 2,3,6,7-tétrahydro-10-(3-pyridyl)-1H,5H,11H-[1]benzopyrano[6,7,8-ij]quinolizin-11-one (dit également « Coumarin 510 »), la 3-(2-Benzothiazolyl)-7-(diéthylamino)coumarine (dit également « Coumarin 6 »).
- [0036] A titre d'exemples de composés comprenant un groupe cyanine, il peut être fait mention du vert d'indocyanine, du perchlorate de

5,5'-dichloro-11-diphénylamino-3,3'-diéthyl-10,12-éthylèthiatricarbocyanine (dit également IR140).

- [0037] A titre d'exemples de composés comprenant un groupe phtalocyanine, il peut être fait mention du chlorure de phtalocyanine de fer (III), d'acide phtalocyanine-4,4',4'',4'''-tétrasulfonique de fer (III), du 1,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,22,23,24,25-hexadécafluoro-29H,31H-phtalocyanine.
- [0038] Le système de détection comprend, également, un deuxième support destiné au dépôt du milieu, dont on veut déterminer la présence ou l'absence d'au moins un composé chimique et dont l'indicateur coloré est présent sur le premier support, ce deuxième support étant en contact avec l'une des faces du premier support (classiquement, la face inférieure opposée à la face supérieure, laquelle est occupée par les zones distinctes des indicateurs colorés).
- [0039] Ce deuxième support permet, avantageusement, la diffusion ou migration par capillarité du milieu déposé sur celui-ci, de sorte à ce qu'il puisse atteindre les différentes zones distinctes susmentionnées du premier support et permettre le cas échéant la détection d'un ou des composés contenus éventuellement dans cet analyte et sensible aux indicateurs colorés constitutifs des zones distinctes.
- [0040] Ce deuxième support peut être en un matériau comprenant (ou constitué par) un enchevêtrement de fibres, telles que des fibres choisies parmi les fibres de celluloses (notamment celles utilisées dans des papiers filtres pour laboratoires ou dans des papiers destinés à être utilisés dans les techniques chromatographiques), les fibres de verres, des fibres polymériques synthétiques, comme des fibres de polyester, et les mélanges de celles-ci, cet enchevêtrement pouvant former un matériau intissé.
- [0041] Ce deuxième support peut se présenter sous forme d'une bandelette, notamment lorsque le premier support est également sous forme d'une bandelette, et peut présenter notamment les mêmes dimensions que le premier support, moyennant quoi il recouvre entièrement l'une des faces du premier support (généralement la face inférieure du premier support opposée la face supérieure, sur laquelle sont apposées les zones distinctes susmentionnées).
- [0042] Ce deuxième support, notamment lorsqu'il se présente sous forme d'une bandelette, peut comprendre au niveau de la face en contact avec le premier support, deux bandes latérales opposées situées sur les deux plus grands côtés de la bandelette, ces deux bandes étant des bandes étanches et ménageant un zone centrale dénuée de ces bandes et constituant un espace de circulation du milieu, dont on veut déterminer la présence ou l'absence dudit ou desdits composés chimiques. Cet espace de circulation constitue avantageusement un espace de circulation du milieu vers les zones distinctes du premier support et permet d'éviter au milieu qu'il ne sorte pas par les côtés grâce à la présence de ces bandes. Ces bandes étanches peuvent résulter de l'obstruction de la

porosité du deuxième support en ces endroits, par exemple, par application d'une cire, d'une paraffine, d'un polydiméthylsiloxane, d'une colle (qui permet par ailleurs de coller le premier support et le deuxième support l'un à l'autre) ou tous autres moyens pour obstruer la porosité.

- [0043] Le deuxième support mis en contact avec le premier support peut comprendre une languette émergeant de l'empilement du premier support et du deuxième support, cette languette servant de zone de dépôt de l'analyte et étant classiquement en un matériau identique à celui constitutif du reste du support.
- [0044] Les systèmes de détection de l'invention peuvent comprendre, en outre, une couche étanche en contact avec le deuxième support *via* la face opposée à celle qui est en contact avec le premier support (cette face opposée pouvant être dénommée face inférieure en opposition à la face supérieure qui est en contact avec le premier support), ce qui signifie, autrement dit, que le deuxième support est pris en sandwich entre le premier support et la couche étanche, cette disposition étant particulièrement favorable, afin de protéger un opérateur qui manipulerait la bandelette de tout contact direct avec les composés chimiques à détecter et afin d'augmenter les forces capillaires qui entraîneront plus rapidement l'analyte vers l'intérieur du deuxième support. Cette couche étanche présente avantageusement les mêmes dimensions que le deuxième support, moyennant quoi il recouvre entièrement l'une des faces du deuxième support (classiquement, la face inférieure du deuxième support).
- [0045] En effet, sans être lié par la théorie, pour un dépôt vertical de l'analyte (c'est-à-dire par immersion verticale d'une extrémité du système de détection dans l'analyte), le deuxième support met environ 10 minutes pour être imprégné par une solution colorée à base de diméthylsulfoxyde (DMSO) pour un système où le deuxième support n'est pas pris en sandwich, contre 4 minutes pour un système où le deuxième support est pris en sandwich. Pour un dépôt horizontal de l'analyte (notamment, pour les systèmes comportant un deuxième support avec une languette qui sert de zone de dépôt de l'analyte, par exemple, par dépôt de l'analyte au moyen d'une pipette), le deuxième support met environ 2 minutes pour être imprégné avec un système où le deuxième support est pris en sandwich.
- [0046] Les systèmes de détection de l'invention peuvent comprendre, en outre, une couche transparente en contact avec le premier support *via* la face opposée à celle qui est en contact avec le deuxième support (cette face pouvant être dénommée face supérieure en opposition avec la face inférieure qui est en contact avec le deuxième support), cette couche permettant, outre d'isoler l'analyte de l'extérieur, de visualiser, le cas échéant, le virage chromatique au niveau des zones distinctes présentes sur le premier support.
- [0047] La couche étanche et la couche transparente ont notamment pour fonction l'encapsulation complète du système de détection tout en permettant une manipulation

plus aisée de celui-ci et en limitant les risques de contamination liés à la manipulation du système.

- [0048] En résumé, ainsi, les systèmes de l'invention peuvent être définis autrement comme un empilement multicouche comprenant un premier support et un deuxième support en contact l'un de l'autre, avantageusement, une couche étanche en contact avec la face inférieure du deuxième support et une couche transparente en contact avec la face supérieure du premier support, des systèmes de ce type étant illustrés sur les figures qui sont commentées ci-dessous et qui illustrent, en particulier :
- [0049] -des systèmes de détection destinés à une utilisation verticale, à savoir, en trempant, de manière verticale, lesdits systèmes de détection *via* l'une des extrémités donnant accès au deuxième support dans l'analyte (tel que le système représenté sur la [Fig.1]) ;
- [0050] -des systèmes de détection destinés à une utilisation horizontale, à savoir, en déposant, de manière horizontale, sur lesdits systèmes de détection *via* l'une des extrémités donnant accès au deuxième support, une ou plusieurs gouttes de l'analyte (tel que les systèmes représentés sur les figures 2 et 3).
- [0051] Plus spécifiquement, comme systèmes destinés à une utilisation verticale, il peut être fait mention du système représenté en vue éclatée et en vue compacte sur la [Fig.1] comprenant :
- [0052] -le premier support 5 se présentant sous forme d'une bandelette comportant 4 zones distinctes circulaires (respectivement 7, 9, 11 et 13) comportant chacune un indicateur de détection distinct, le premier support se prolongeant à l'une de ses extrémités 15 par une languette 17 ;
- [0053] -le deuxième support 19 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à la bandelette du premier support, laquelle bandelette se prolonge également à l'une de ses extrémités 21 par une languette 23, le contact avec l'analyte s'effectuant au niveau de cette languette, lequel analyte progressant ensuite dans la direction de la flèche par capillarité ;
- [0054] -une plaque transparente 25 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support et du deuxième support, laquelle bandelette se prolonge également à l'une de ses extrémités 27 par une languette ;
- [0055] -une plaque étanche 31 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support et du deuxième support, laquelle bandelette se prolonge également à l'une de ses extrémités 33 par une languette 35.
- [0056] Comme système destiné à une utilisation horizontale, il peut être fait mention du système représenté en vue éclatée et en vue compacte sur la [Fig.2] comprenant :
- [0057] -le premier support 37 se présentant sous forme d'une bandelette comportant 6 zones distinctes rectangulaires (respectivement 39, 41, 43, 45, 47 et 49) comportant chacune un indicateur de détection distinct ;

- [0058] -le deuxième support 51 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à la bandelette du premier support, laquelle bandelette se prolonge à l'une de ses extrémités 53 par une languette 55, le contact avec l'analyte s'effectuant au niveau de cette languette par dépôt d'une ou plusieurs gouttes dudit analyte, lequel analyte progressant ensuite dans la direction de la flèche par capillarité ;
- [0059] -une plaque transparente 57 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support ;
- [0060] -une plaque étanche 59 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du deuxième support, laquelle bandelette se prolonge à l'une de ses extrémités 61 par une languette 63, ladite bandelette présentant des dimensions similaires au deuxième support.
- [0061] Enfin, comme système destiné à une utilisation horizontale, il peut être fait mention, également, du système représenté en vue éclatée et en vue compacte sur la [Fig.3] comprenant :
- [0062] -le premier support 65 se présentant sous forme d'une bandelette comportant 4 zones distinctes rectangulaires (respectivement 67, 69, 71, et 73) comportant chacune un indicateur de détection distinct et comportant à une extrémité 75 une zone évidée 77 ;
- [0063] -le deuxième support 79 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à la bandelette du premier support, le contact avec l'analyte s'effectuant par le biais de la zone évidée 77 du premier support, qui est en regard du deuxième support, lequel analyte progressant ensuite dans la direction de la flèche par capillarité ;
- [0064] -une plaque transparente 81 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support et comprenant également une zone évidée 82 en regard de la zone évidée 77 du premier support;
- [0065] -une plaque étanche 83 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support, du deuxième support et de la plaque transparente.
- [0066] Les systèmes de détection conformes à l'invention peuvent être préparés par un procédé comprenant, pour chacun des indicateurs de détection, une étape distincte de dépôt sur le premier support en projetant une encre comprenant l'indicateur de détection concerné, ce qui signifie en d'autres termes, que le procédé comprend autant d'étapes de dépôt mentionnées ci-dessus que d'indicateurs de détection, étant entendu que chacun des indicateurs de détection est déposé de sorte à ne pas se mélanger avec le ou les autres indicateurs de détection.
- [0067] Pour ce faire, chacun des indicateurs de détection peut être déposé selon un masque de dépôt spécifique, chacun des masques de dépôt étant conçu de sorte à ce que les points déposés de chacun des indicateurs de détection ne se recoupent pas avec ceux du ou des autres indicateurs de détection.
- [0068] Concernant les techniques de dépôt envisageables, il peut s'agir de toutes techniques

de dépôt permettant un dépôt localisé, telles que l'impression par jet d'encre, la sérigraphie, l'impression offset, l'héliographie, la flexographie.

[0069] Enfin, l'invention a trait également à un procédé de détection de la présence ou de l'absence d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant les étapes suivantes :

[0070] -une étape de mise en contact du ou des milieux, dont on veut détecter la présence ou l'absence du ou desdits composés chimiques avec le système de détection tel que défini ci-dessus ;

[0071] -une étape de déduction, en fonction du ou des éventuels signaux de transformation de tout ou partie des indicateurs de détection (par exemple, des virages chromatiques, lorsque le ou indicateurs de détection sont des indicateurs colorés), de la présence ou de l'absence du ou desdits composés.

[0072] Cette étape de mise en contact peut consister à déposer en surface du système de détection une ou plusieurs gouttes distinctes de l'analyte, par exemple, via une pipette, notamment lorsque le système est adapté pour une utilisation horizontale ou peut consister à plonger l'une des extrémités du système de détection de sorte à ce que l'analyte entre en contact avec le deuxième support, ce mode de mise en contact étant adapté pour un système approprié pour une utilisation verticale.

[0073] Il s'entend que le système de détection devant être utilisé dans le cadre du procédé susmentionné doit être apte à détecter le ou les composés chimiques, dont on veut déterminer l'absence ou la présence.

[0074] Entre l'étape de mise en contact et l'étape de déduction, il peut être prévu un temps d'attente pour que, le cas échéant, la migration du ou des composés chimiques à détecter puisse avoir lieu et le ou les signaux (tels que des virages chromatiques) puissent également avoir lieu.

[0075] Concernant l'étape de déduction, lorsque les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés, l'opérateur pourra se baser sur une échelle colorimétrique associée au système de détection, qui définira, pour tous les composés chimiques susceptibles d'être détectés par le système, le virage chromatique correspondant, cette échelle colorimétrique pouvant être déterminée, par des essais préalables, pour chacun des systèmes et les composés chimiques destinés à être détectés par lesdits systèmes. La déduction pourra se faire à l'œil nu ou, si nécessaire, *via* des moyens opto-électroniques.

[0076] Les composés susceptibles d'être détectés par le procédé de l'invention peuvent être des composés chimiques toxiques, tels que les composés toxiques de guerre et, en particulier, les composés organophosphorés ; les composés toxiques industriels chimiques (connus sous la dénomination TIC) ; les vésicants ; les pesticides et les composés arséniés.

[0077] L'invention a enfin également trait à un kit de détection colorimétrique utilisable

pour la détection d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant les éléments suivants :

- [0078] -un système de détection conforme à l'invention et tel que défini ci-dessus et dans lequel les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés ; et
- [0079] -une échelle colorimétrique permettant de faire la correspondance entre le virage chromatique observé et le ou les composés chimiques détectés.
- [0080] L'échelle colorimétrique peut être située au niveau du premier support, par exemple, de part et d'autres des zones distinctes avec au niveau de chaque zone distincte, par exemple, à gauche, la couleur initiale de l'indicateur coloré et à droite, la ou les couleurs possibles pour l'indicateur coloré.
- [0081] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture du complément de description qui suit, lequel se rapporte à un exemple de préparation d'un système de détection conforme à l'invention.
- [0082] Bien entendu, l'exemple qui suit n'est donné qu'à titre d'illustration de l'objet de l'invention et ne constitue en aucun cas une limitation de cet objet.

Brève description des dessins

- [0083] [Fig.1], déjà commentée, illustre schématiquement, un exemple de système de détection adapté à une utilisation verticale.
- [0084] [Fig.2], déjà commentée, illustre schématiquement, un exemple de système de détection adapté à une utilisation horizontale.
- [0085] [Fig.3], déjà commentée, illustre schématiquement, un autre exemple de système de détection adapté à une utilisation horizontale.

[0086] EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS EXEMPLE

- [0087] L'exemple ci-dessous illustre la mise en œuvre des systèmes de détection colorimétrique conformes à l'invention, ces systèmes de détection étant conformes à ce qui est déjà décrit ci-dessus pour la [Fig.3] avec les éléments suivants :
- [0088] -le premier support 65 se présentant sous forme d'une bandelette comportant 4 zones distinctes rectangulaires (respectivement 67, 69, 71, et 73) comportant chacune un indicateur coloré distinct (Vert de bromocrésol ; 2,4-bis [p-(diméthylamino)styril]quinoléine ; Disperse Black 9 et Disperse Yellow 7) et comportant à une extrémité 75 une zone évidée 77 ;
- [0089] -le deuxième support 79 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à la bandelette du premier support, laquelle bandelette, le contact avec l'analyte s'effectuant par le biais de la zone évidée 77 du premier support, qui est en regard du deuxième support, lequel analyte progressant ensuite dans la direction de la flèche par capillarité ;

- [0090] -une couche transparente 81 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support et du deuxième support mais n'allant pas jusqu'à la zone évidée de dépôt ;
- [0091] -une couche étanche 83 se présentant sous forme d'une bandelette de dimensions similaires à celle du premier support, du deuxième support.
- [0092] Ces systèmes de détection sont préparés de la manière suivante :
- [0093] -une opération de dessin des trois couches (premier support, deuxième support, couche étanche) ;
- [0094] -une opération d'impression de ces trois couches sur un papier filtre (420*520 mm, épaisseur de 0,16 mm, masse surfacique de 65 g/m², porosité de 7-10 µm, Référence de produit : VWR 115-2319) à l'aide d'une imprimante Xerox (ColorCube 8580) ;
- [0095] -une opération de création du cloisonnement par migration de l'encre de la cire imprimée en surface par l'imprimante dans les porosités du papier filtre lors d'un chauffage maîtrisé sur plaque chauffante ;
- [0096] -une opération de dépôt à la pipette des 4 solutions d'indicateurs colorés dans les zones dédiées (respectivement, zones 67, 69, 71, et 73) sur la couche faisant office de premier support) ;
- [0097] -une opération d'encollage de la couche étanche uniquement sur la bordure de la face où est destinée à être déposée la couche faisant office de deuxième support, la partie centrale de la couche étanche étant protégée pour ne pas être encollée et éviter que la colle utilisée (la colle spray 3M) ne soit en contact avec la zone de migration du deuxième support et engendre un virage chromogénique non désiré des indicateurs colorés présents sur le premier support ;
- [0098] -une opération d'encollage de la couche faisant office de deuxième support au niveau des zones recouvertes préalablement de cire en excluant la zone centrale dite de migration, la colle étant déposée sur la face destinée à être en contact avec le premier support ;
- [0099] -une opération de dépôt sur le deuxième support de la couche faisant office de premier support et sur laquelle les indicateurs colorés ont été préalablement déposés ;
- [0100] -une opération de dépôt de la couche transparente sous forme d'un film très collant (High Tack PE/barrier/PEN de chez Oike).
- [0101] Quatre systèmes de détection de ce type sont préparés et sur lesquels sont déposés respectivement 5 µL de Sarin (dit GB, CAS n°107-44-8), 5 µL de VX (CAS N°50782-69-9), 5 µL d'ypérite soufrée (dite HD, CAS n°505-60-2) et 5 µL de léwisite (dite L1, CAS n°541-25-3).
- [0102] Il ressort que les indicateurs colorés virent différemment pour ces substances, le virage étant différent pour le Sarin, le VX, l'ypérite soufrée ou la léwisite L1, avec toutefois une réponse similaire pour les deux vésicants, l'ypérite soufrée et la léwisite

L1. Les systèmes de détection conformes à cet exemple pourraient donc servir pour la discrimination entre le Sarin, le VX et les deux vésicants (l'ypérite soufrée et la léwisite L1).

Revendications

- [Revendication 1] Système de détection utilisable pour la détection d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant :
- un premier support imprégné par des indicateurs de détection distincts aptes à détecter la présence dudit composé chimique ou desdits composés chimiques, caractérisé en ce que chacun desdits indicateurs de détection est réparti sur le support sous forme d'une ou plusieurs zones distinctes, la ou lesdites zones distinctes de chacun desdits indicateurs de détection étant disposée(s) sur le support sans recoupement avec la ou les zones distinctes du ou des autres indicateurs de détection ; et
 - un deuxième support destiné au dépôt du milieu, dont on veut déterminer la présence ou l'absence dudit et desdits composés chimiques, ce deuxième support étant en contact avec l'une des faces du premier support.
- [Revendication 2] Système de détection selon la revendication 1, dans lequel la ou lesdites zones distinctes se présente(nt) sous des formes sensiblement circulaires, rectangulaires ou carrées.
- [Revendication 3] Système de détection selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier support est un support poreux.
- [Revendication 4] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier support est un support en papier.
- [Revendication 5] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les zones distinctes sont cloisonnées en obstruant la porosité du premier support au niveau des zones qui ne sont pas les zones distinctes.
- [Revendication 6] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier support se présente sous forme d'une bandelette.
- [Revendication 7] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier support comprend à l'une de ses extrémités, une zone évidée donnant ainsi accès directement au deuxième support.
- [Revendication 8] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième support est en un matériau comprenant un enchevêtrement de fibres choisies parmi les fibres de celluloses, les fibres de verres, les fibres polymériques synthétiques et les mélanges de celles-ci.

- [Revendication 9] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième support se présente sous forme d'une bandelette.
- [Revendication 10] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième support, lorsqu'il se présente sous forme d'une bandelette, comprend, au niveau de la face en contact avec le premier support, deux bandes latérales opposées situées sur les deux plus grands côtés de la bandelette, ces deux bandes étant des bandes étanches et ménageant un zone centrale dénuée de ces bandes et constituant un espace de circulation du milieu, dont on veut déterminer la présence ou l'absence dudit ou desdits composés chimiques.
- [Revendication 11] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième support comprend une languette émergeant de l'empilement du premier support et du deuxième support, cette languette servant de zone de dépôt de l'analyte.
- [Revendication 12] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, en outre, une couche étanche en contact avec le deuxième support *via* la face opposée à celle qui est en contact avec le premier support.
- [Revendication 13] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, en outre, une couche transparente en contact avec le premier support *via* la face opposée à celle qui est en contact avec le deuxième support.
- [Revendication 14] Système de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés.
- [Revendication 15] Procédé de préparation d'un système de détection tel que défini selon la revendication 1, comprenant, pour chacun des indicateurs de détection, une étape distincte de dépôt sur le premier support en projetant une encre comprenant l'indicateur de détection concerné.
- [Revendication 16] Procédé de détection de la présence ou de l'absence d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant les étapes suivantes :
 -une étape de mise en contact du ou des milieux, dont on veut détecter la présence ou l'absence du ou desdits composés chimiques, avec un système de détection tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 ;
 -une étape de déduction, en fonction du ou des éventuels signaux de transformation de tout ou partie des indicateurs de détection, de la

présence ou de l'absence du ou desdits composés.

[Revendication 17] Procédé selon la revendication 16, qui est un procédé de détection de la présence ou de l'absence d'au moins un composé chimique choisi parmi les composés chimiques toxiques ; les composés toxiques industriels chimiques ; les vésicants ; les pesticides et les composés arséniés.

[Revendication 18] Kit de détection colorimétrique utilisable pour la détection utilisable d'un ou plusieurs composés chimiques comprenant les éléments suivants :

-un système de détection tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 et dans lequel les indicateurs de détection sont des indicateurs colorés ; et

-une échelle colorimétrique permettant de faire la correspondance entre le virage chromatique observé et le ou les composés chimiques détectés.

[Fig. 1]

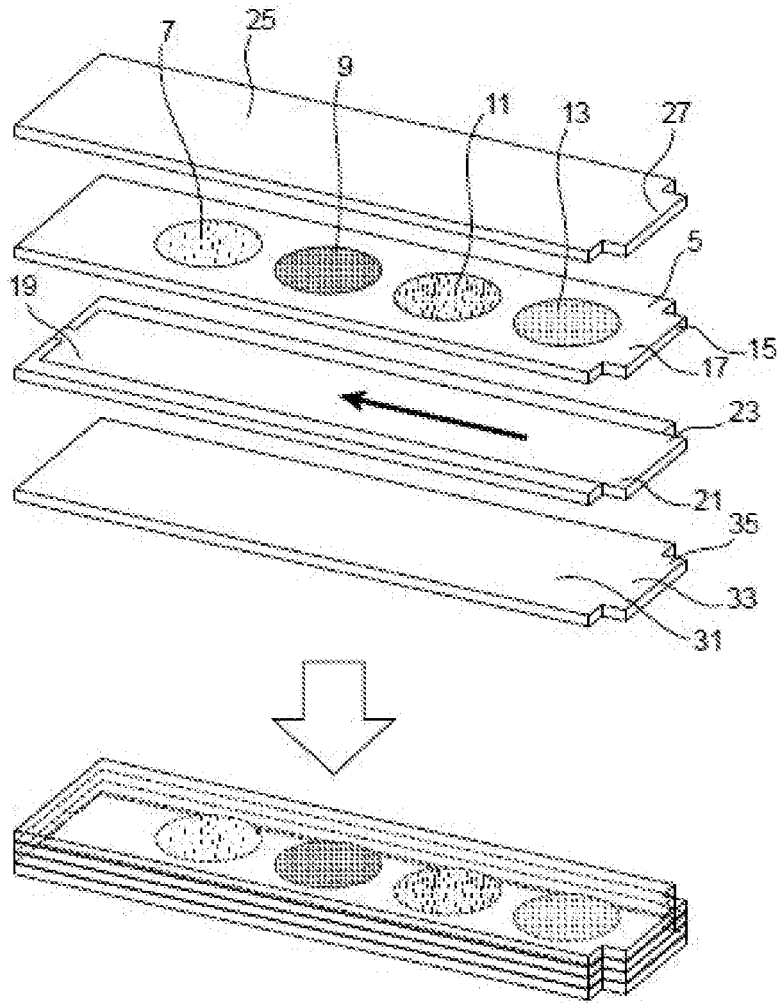


FIG. 1

[Fig. 2]

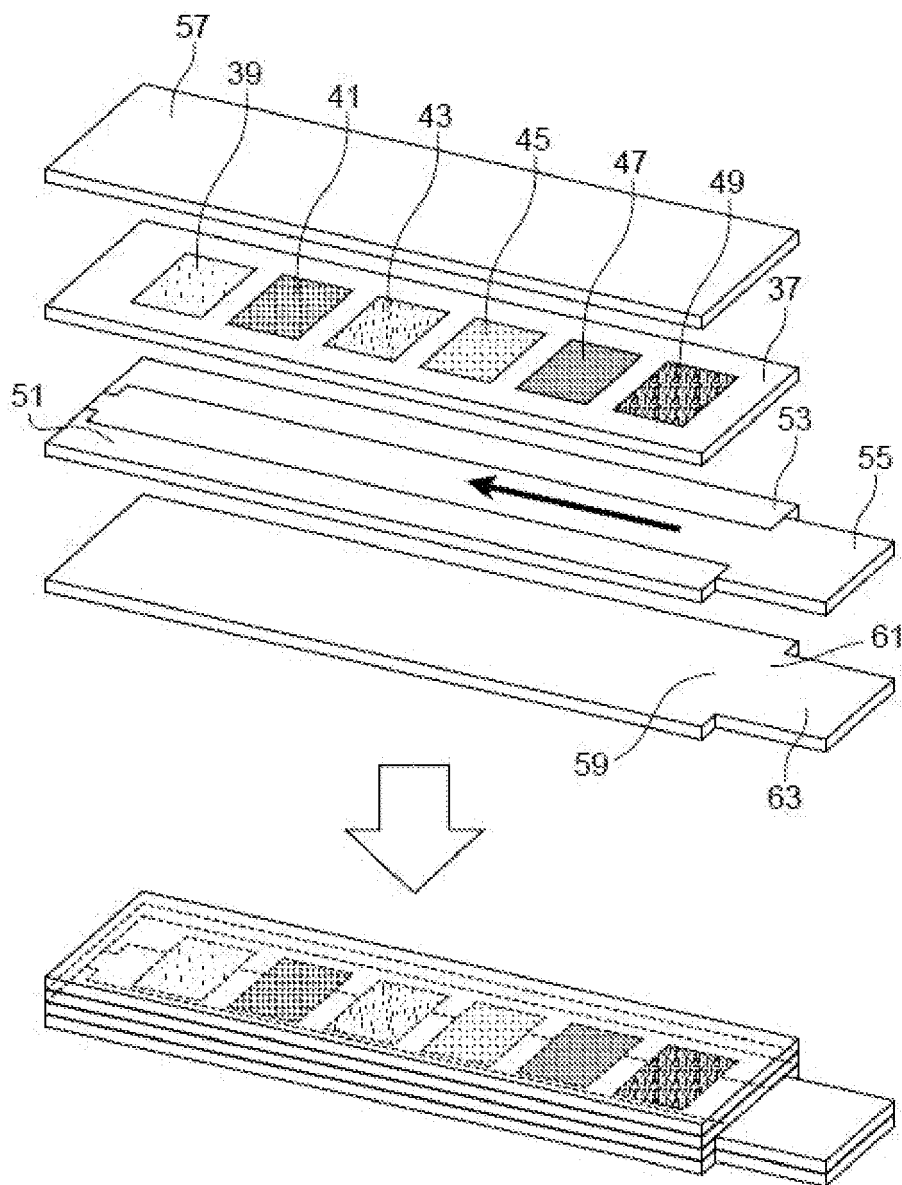


FIG. 2

[Fig. 3]

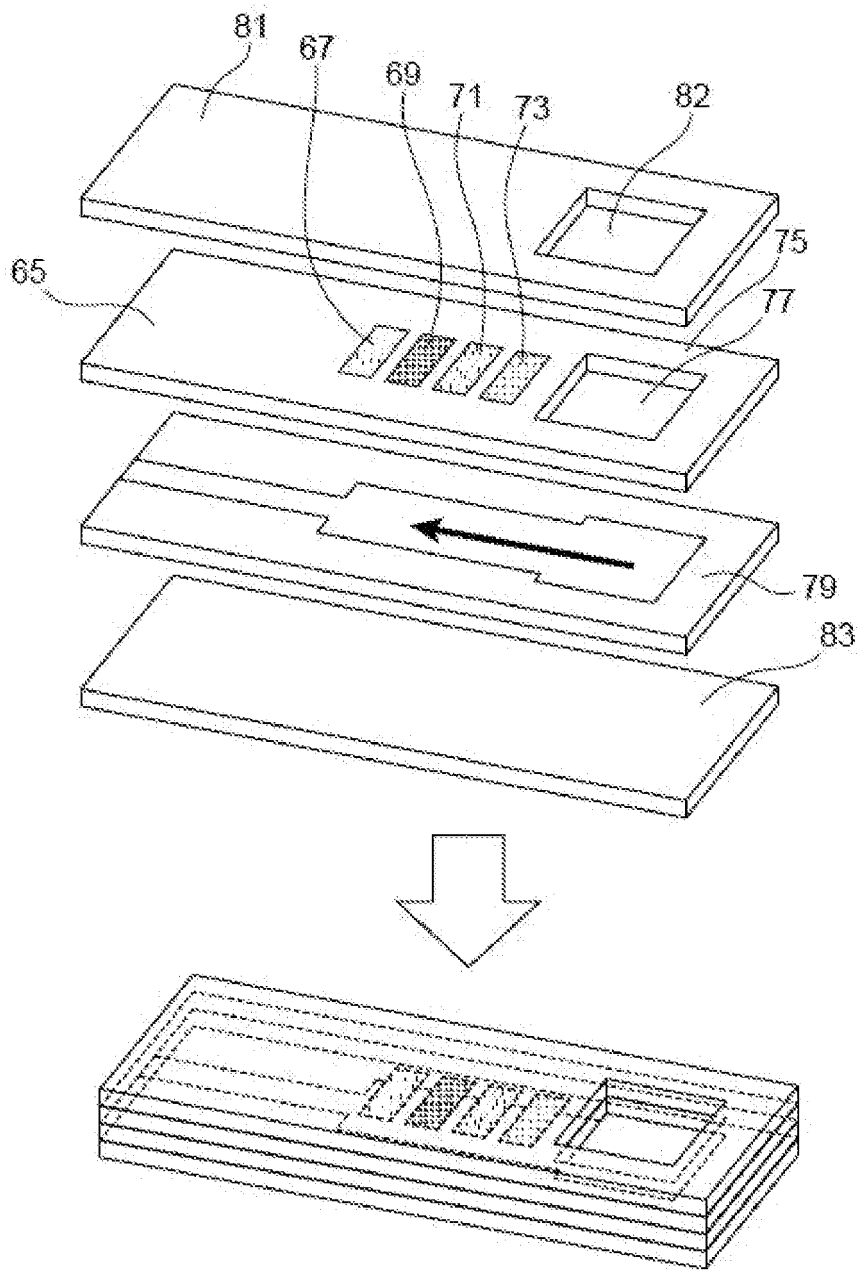


FIG. 3

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 902711
FR 2113673

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2017/139843 A1 (RED GARAGE VENTURES PTY LTD [AU]) 24 août 2017 (2017-08-24)	1-4, 6, 8, 9, 11-16, 18	G01N21/75 G01N21/84 G01N21/77
Y	* alinéas [0030], [0049] - [0051], [0126] - [0136], [0142], [0161] - [0164]; figures 2, 3E *	1, 10, 17	
X	US 2012/165626 A1 (IRINA FINKELSHTEIN V [US] ET AL) 28 juin 2012 (2012-06-28)	1-4, 6-9, 11-16, 18	
Y	* alinéas [0044] - [0046], [0052], [0063] - [0068], [0070], [0071], [0073] - [0074], [0080] - [0083]; figures 1-3, 5-6 *	1, 10, 17	
X	US 10 274 433 B1 (BETTS-LACROIX JONATHAN [US] ET AL) 30 avril 2019 (2019-04-30)	1-5, 8, 12-14, 16, 18	
Y	* colonne 4, lignes 7-20; figures 1-4 * * colonne 5, lignes 38-53 * * colonne 6, lignes 32-40 * * colonne 6, ligne 59 - colonne 7, ligne 29 * * colonne 8, lignes 9-22 *	1, 10, 17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01N
Y	BORDBAR MOHAMMAD MAHDI ET AL: "Disposable Paper-Based Biosensors for the Point-of-Care Detection of Hazardous Contaminations-A Review", BIOSENSORS, vol. 11, no. 9, 4 septembre 2021 (2021-09-04), page 316, XP055865432, DOI: 10.3390/bios11090316 * abrégé; figures *	1, 17	
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 juillet 2022		Riblet, Philippe	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 902711
FR 2113673

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>SPICAR-MIHALIC P ET AL: "Technical Note;CO2 laser cutting and ablative etching for the fabrication of paper-based devices;CO2 laser cutting and ablative etching for the fabrication of paper-based devices", JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB, vol. 23, no. 6, 13 mai 2013 (2013-05-13), page 67003, XP020245407, ISSN: 0960-1317, DOI: 10.1088/0960-1317/23/6/067003 * abrégé; figures *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-18	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		22 juillet 2022	Riblet, Philippe
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

3
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2113673 FA 902711**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-07-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017139843 A1	24-08-2017	AUCUN	

US 2012165626 A1	28-06-2012	AU 2010273741 A1	01-03-2012
		CA 2778773 A1	20-01-2011
		EP 2454587 A2	23-05-2012
		US 2012165626 A1	28-06-2012
		WO 2011008581 A2	20-01-2011

US 10274433 B1	30-04-2019	US 10274433 B1	30-04-2019
		US 10416084 B1	17-09-2019
